

COMPARACIÓN GEOMÉTRICA DE MAMPUESTOS REGIONALES EN DOS FABRICAS LOCALES¹

FERNANDEZ, José J.⁴; SANCHEZ, Juan A.⁴; LOPEZ, Gastón E.⁴; DUARTE, Javier A.³; MÖLLER, Oscar²

¹Trabajo de Investigación, Proyecto del Programa de Incentivos Código 1702

² Director de Proyecto, Dr. Ingeniero Civil, moller@fceia.unr.edu.ar

³ Integrante de Proyecto, Ingeniero en Construcciones, duartej@fio.unam.edu.ar

⁴ Integrante de Proyecto, estudiante, gaston.eliaz@gmail.com

Resumen

El análisis estructural de cuerpos edilicios avanza hacia nuevos horizontes, gracias a los avances tecnológicos logrados en las últimas décadas. Con el avance de las técnicas de análisis por elementos finitos, se logra la posibilidad de comenzar a expandir el campo de análisis de los cuerpos edilicios, contemplando la colaboración de elementos considerados de manera convencional como no estructurales. Este cambio en materia tecnológica, lleva a la necesidad de tener datos que permitan relacionar el comportamiento mecánico de estos nuevos elementos con los parámetros geométricos y mecánicos más incidentes. El objeto del presente trabajo se enfoca en aportar datos y conclusiones respecto de los parámetros geométricos característicos para ladrillos cerámicos huecos de la provincia de Misiones.

Palabras Clave: Estadística – Mamposterías – Caracterización geométrica

Introducción.

En la Provincia de Misiones, República Argentina, los sistemas constructivos encontrados en la región son de considerable variedad, encontrando casos de mamposterías ejecutadas con Ladrillos Macizos Artesanales, así como ladrillos Cerámicos Huecos de diferente relación de vacíos. En el caso de Ladrillos Cerámicos Huecos, estos mampuestos están conformados por paredes de espesor delgado, las cuales presentan diferencias geométricas, que son, por un lado arbitrarias, entre paredes externas e internas, y por otro una consecuencia de la razonable dispersión de los procesos involucrados en la fabricación del mismo. Luego pueden existir considerables diferencias entre fabricantes. Es de importancia en instancias de diseño estructural de estos sistemas, tener presente las dispersiones que puedan surgir del proceso de manufactura, en particular las que puedan incidir en las propiedades geométricas de la sección de un mampuesto. El objetivo del presente trabajo es evaluar en qué manera incide la variación de las dimensiones en los espesores de paredes, respecto de la inercia de la sección en un mampuesto.

Metodología.

Como punto de partida, se efectúa un relevamiento de las dimensiones de dos lotes de ladrillos Cerámicos Huecos conocidos en la región como LCH 18 18 25, adoptando como criterio medir dimensiones globales de la pieza, y espesores de paredes, tanto verticales como horizontales. Se presentan datos de dos fabricantes de regiones diferentes de la provincia, denominados en el presente trabajo como fabricantes A y B. La información obtenida se organiza en campos, que comprenden espesores de: paredes verticales de frente, paredes horizontales de frente, paredes verticales de contra frente, paredes

horizontales contra frente, así como longitudes globales. Estos datos se promedian para obtener un solo valor de las siguientes dimensiones, paredes horizontales externas e internas, paredes verticales externas e internas, y longitudes globales. En función de estos últimos se determinó el momento de inercia de la sección del ladrillo, respecto al eje horizontal de la misma. Luego, se procesa esta información con un software de análisis de datos estadísticos. A efectos de obtener algunas respuestas, se analizan valores medios y dispersión de los diferentes campos relevados, así como la correlación entre el parámetro inercia y los datos geométricos de los mampuestos. Esto nos permitirá sacar conclusiones respecto del grado en que, las variaciones geométricas de la pieza, afectan al momento de inercia.

Resultados y Discusión

A continuación, la tabla 1 resume los datos obtenidos y los parámetros calculados de algunos ladrillos de cada fábrica.

Tabla 5 - Resumen de datos y parámetros

Muestra		PAREDES HORIZONTALES		PAREDES VERTICALES		DIMENSIONES GLOBALES			INERCIA
Nº	fabrica	PHE [mm]	PHI [mm]	PVE [mm]	PVI [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	h [mm]	cm4
1	A	7,29	7,54	7,92	8,38	238,5	171,0	172,5	2178,71
2	A	7,54	7,92	7,88	8,38	238,5	171,0	174,0	2245,01
3	A	7,58	8,00	8,00	8,42	238,0	173,3	175,5	2328,64
18	A	7,25	7,89	7,52	7,86	241,8	173,8	171,8	2088,31
19	A	7,61	7,67	7,45	7,73	241,0	174,0	170,3	2052,14
24	A	7,43	7,92	7,96	8,16	238,0	174,0	175,0	2277,31
25	A	7,11	7,60	7,80	8,19	243,8	175,8	174,3	2223,42
28	A	7,61	7,84	7,03	7,64	241,8	175,3	169,5	1993,47
32	A	8,09	8,22	7,01	7,58	239,0	174,3	169,8	2024,41
35	A	7,42	8,26	7,42	8,38	123,5	172,0	170,8	2094,19
37	A	7,24	7,62	6,98	7,58	236,8	175,0	170,0	1971,41
43	A	7,47	8,05	7,05	7,64	121,0	173,3	169,5	1974,52
45	A	7,26	7,61	7,12	7,70	113,5	174,8	171,0	2023,07
47	B	11.62	12.63	11.67	12.07	243.0	176.3	170.5	3015.05
48	B	11.69	12.70	11.82	12.31	234.0	170.0	175.8	3255.51
49	B	11.82	12.63	11.95	12.41	243.3	170.0	177.8	3385.54
53	B	11.66	12.56	11.91	12.03	246.8	176.0	171.3	3067.97
54	B	11.70	12.84	11.85	12.50	245.3	172.0	176.0	3306.14
56	B	11.70	12.78	12.28	13.07	247.8	176.8	172.3	3243.48

58	B	11.42	12.49	11.60	12.08	243.3	173.3	170.0	2952.55
60	B	11.63	12.65	11.88	12.18	245.8	176.0	171.3	3076.29
61	B	11.44	12.86	11.96	12.73	246.3	177.0	171.5	3137.39
62	B	11.47	12.33	11.74	12.25	246.0	171.3	176.8	3295.09
64	B	11.71	12.90	12.02	12.27	241.3	171.0	178.3	3405.69
65	B	11.46	12.51	18.70	12.26	241.8	176.5	170.3	3590.54
67	B	11.48	12.43	11.67	12.29	241.3	170.5	176.3	3260.29

PHE: espesores de paredes horizontales externas.

PHI: espesores de paredes horizontales internas.

PVE: espesores de paredes verticales externas.

PVI: espesores de paredes verticales internas.

h: altura de ladrillo.

L1: largo de ladrillo

L2: ancho de ladrillo



Figura 1. Mampuesto Fábrica A.

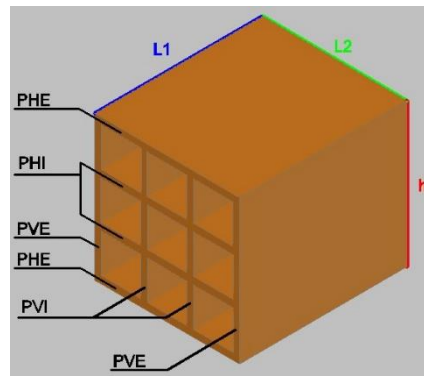


Fig. 2. Modelo digital.



Figura 3. Mampuesto Fábrica B.

Las figura 1 y 3, muestra imágenes de los prototipos de mampuesto estudiado de las fábricas A y B respectivamente, así como un modelo digital en la figura 2 elaborado para la verificación de los parámetros de inercia de la sección transversal del mampuesto. Cabe destacar que en modelo digital no se consideró la rugosidad de las caras laterales, como se puede apreciar en la mencionada figura.

Tabla 6 - Resumen estadístico.

Resumen Estadístico

Fábrica A	PHE [mm]	PHI [mm]	PVE [mm]	PVI [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	h [mm]	Inercia mm ⁴
Recuento	31	31	31	31	31	31	31	31
Promedio	7.35258	7.76258	7.49968	7.98032	240.394	173.616	172.513	2129.8
Desviación Estándar	0.307235	0.315953	0.386605	0.377054	1.77913	1.64278	2.59881	119.686
Coefficiente de Variación	4.1786%	4.07021%	5.15495%	4.7248%	0.740089%	0.946215%	1.50645%	5.61958%
Mínimo	6.54	7.17	6.85	7.36	236.8	170.8	166.0	1951.88

Máximo	8.09	8.45	8.2	8.58	243.8	176.3	176.8	2356.3
Rango	1.55	1.28	1.35	1.22	7.0	5.5	10.8	404.42
Sesgo Estandarizado	-0.335799	0.306623	-0.189444	-0.221846	0.372442	-0.542045	-0.816335	0.314414
Curtosis Estandarizada	0.877289	-0.0936771	-1.4574	-1.5842	-0.689536	-1.18635	-0.41933	-1.20687
Fábrica B	PHE [mm]	PHI [mm]	PVE [mm]	PVI [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	h [mm]	Inercia [mm4]
Recuento	21	21	20	18	21	21	21	21
Promedio	11.55	12.6133	11.845	12.2211	242.89	173.243	173.767	3207.76
Desviación Estándar	0.181439	0.168622	0.204849	0.150485	3.56201	2.73397	3.26639	180.396
Coeficiente de Variación	1.5709%	1.33685%	1.72941%	1.23135%	1.46651%	1.57811%	1.87976%	5.62374%
Mínimo	11.17	12.33	11.51	12.01	234.0	170.0	167.5	2836.69
Máximo	11.82	12.9	12.28	12.52	247.8	177.0	178.3	3590.54
Rango	0.65	0.57	0.77	0.51	13.8	7.0	10.8	753.85
Sesgo Estandarizado	-1.00668	0.255825	0.783538	0.980468	-1.5813	0.577484	-0.467611	-0.170317
Curtosis Estandarizada	-0.198421	-0.817512	-0.0567045	-0.267012	0.351513	-1.68963	-1.35915	-0.112927

Tabla 3 - Correlaciones Parciales

Correlaciones de la fábrica A

	PHE [mm]	PHI [mm]	PVE [mm]	PVI [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	h [mm]	Inercia mm4
Inercia mm4	-0.3012	-0.2953	0.7571	0.8483	-0.1763	-0.4681	0.9201	
	(31)	(31)	(31)	(31)	(31)	(31)	(31)	
	0.0997	0.1068	0.0000	0.0000	0.3428	0.0079	0.0000	

Correlación

(Tamaño de Muestra)

Valor-P

Correlaciones de la fábrica B

	PHE [mm]	PHI [mm]	PVE [mm]	PVI [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	h [mm]	Inercia mm4
Inercia mm4	-0.3012	-0.2953	0.7571	0.8483	-0.1763	-0.4681	0.9201	
	(31)	(31)	(31)	(31)	(31)	(31)	(31)	
	0.0997	0.1068	0.0000	0.0000	0.3428	0.0079	0.0000	

Correlación

(Tamaño de Muestra)

Valor-P

Las tablas 3 se corresponden a las correlaciones entre los diferentes parámetros geométricos y la inercia. Luego, en las tablas 4 y 5 se elabora un estudio de la regresión múltiple, con lo cual se halla una expresión que relaciona la inercia, con los parámetros geométricos antes mencionados:

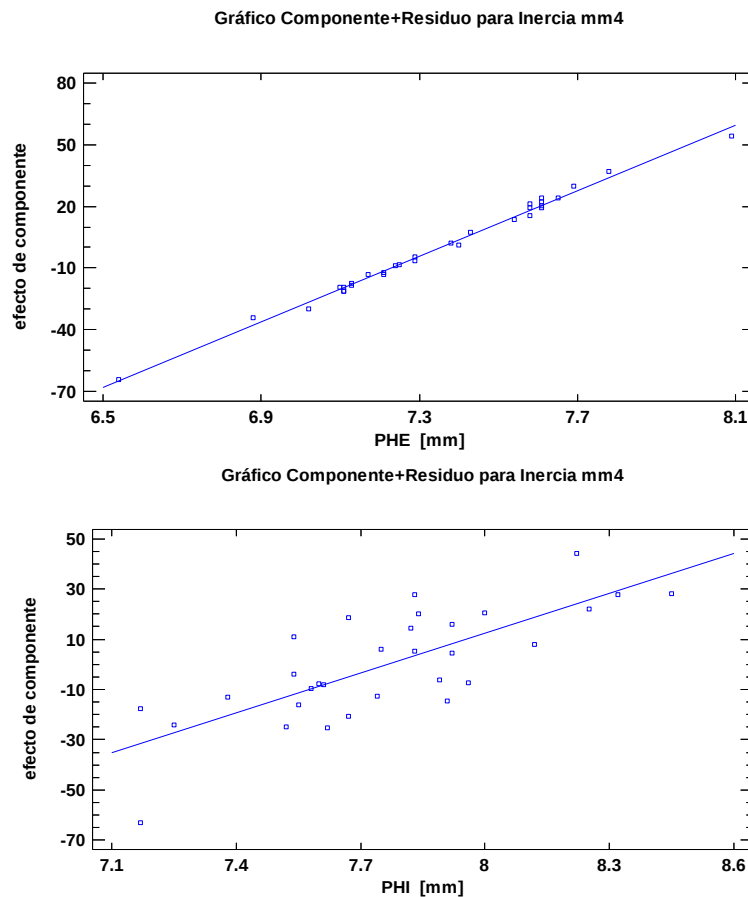


Figura 4. Gráficos de regresión de Inercia vs. Datos geometricos fábrica A.

Conclusiones

Los parámetros estudiados para el cálculo del momento de inercia, pueden aproximarse a través de una distribución de probabilidad normal, dados los valores de sesgo y curtosis obtenidos.

La mejor correlación entre la inercia y sus parámetros, se da en los espesores de paredes verticales y la altura, como es de esperar. Así también los coeficientes de variación de ambas fábricas se dan en igual orden de magnitud.

A futuro se puede establecer un orden de mérito a través del análisis estadístico de estas variables, a efectos de poder definir el conjunto de variables principales y secundarias que serán usadas en los procesos de optimización estructural con restricciones de confiabilidad.

Referencias

Fontana Cabezas J., Características geométricas, físicas y mecánicas de mampuestos cerámicos huecos fabricados en Uruguay - Revista CIENCIA, DOCENCIA Y TECNOLOGÍA | AÑO XXII | N° 42 | MAYO DE 2011 | (207 - 240).

Quinteros, R. D. Modelización del comportamiento de estructuras de mampostería mediante la teoría de homogeneización. Tesis doctoral, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, 2014.

Torrise, G. Análisis y Diseño de Estructuras de Hormigón Armado y Mampostería. Tesis doctoral, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, 2012.

Reinert, H. O., Duarte, J. A., Evaluación de solicitaciones por elementos finitos aplicada a medios continuos. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, 2013.

CIRSOC 501-E, Viviendas de mampostería bajo compromiso estructural, MPFIS, 2005.

CIRSOC 501, Estructuras de mampostería, MPFIS, 2005.